

REKAYASA EKOLOGI INDUSTRI DALAM MENDUKUNG PEMBANGUNAN AGRO ECO-INDUSTRIAL PARK SKALA PEDESAAN

Haryo Santoso, Aries Susanty, Joshi Putriasih^{*)}

Program Studi Teknik Industri Universitas Diponegoro Semarang
Jl. Prof Sudarto, SH., Semarang

Abstrak

Konsep ekologi industri merujuk kepada pertukaran/saling bertukar antara sektor industri dimana pembuangan dari satu industri menjadi sumber bahan baku dari industri lainnya. Penerapan ekologi industri ke dalam agro industri diharapkan memiliki nilai tambah terhadap produk, karena dari satu sumber bahan baku dapat dihasilkan beragam produk olahan. Penelitian ini mengkaji penerapan konsep ekologi industri kedalam agro industri untuk skala pedesaan dengan studi kasus pada CV. Bangkit Mandiri yang bergerak dibidang agro industri. Beberapa jenis usaha yang dimiliki adalah industri tahu, industri peternakan sapi, industri pupuk organik dan biodegestrer sebagai wadah untuk mengolah limbah dari peternakan sapi. Penelitian ini memiliki konstrain yaitu: aset lahan yang dimiliki perusahaan seluas 3 ha dan volume digester 150 m³ dengan kapasitas maksimum pengisian sebesar 80%. Faktor pemicu pada penelitian ini adalah peternakan sapi yang memiliki 500 ekor sapi dengan bobot rata-rata 390,762 kg. Hasil penelitian ini berupa penerapan konsep ekologi industri kedalam agro industri dengan membentuk siklus tertutup (*close loop*) untuk meminimalisir limbah dan seluruh kegiatan industri. Direkomendasikan dapat diterapkan pada skala rumahan pedesaan dengan 4-6 ekor sapi.

Kata kunci : ekologi industry; minimalisir limbah; siklus tertutup; nilai tambah

Abstract

The concept of industrial ecology refers to the exchange/exchange between industry sectors in which the exhaust from one industry to source raw materials from other industries. Application of industrial ecology in the agro-industry is expected to have added value to the product, because from a single source of raw materials can be produced diverse poduk processed. This study discusses the application of the concept of industrial ecology into rural agro-industry to scale case study on the CV. Bangkit Mandiri engaged in agro-industries that have some type of which is the industry out of business, industry, cattle breeding, the organic fertilizer industry and biodegestrer as a container for treating waste from cattle farms. This study has a constraint that is: land assets owned by the company area of 3 ha and volume of 150 m³ digester that has a maximum capacity of the filling by 80%. Triggering factor in this study is that dairy farms have 500 cows with an average weight of 390.762 kg. The purpose of this study is to apply the concept of industrial ecology into agro-industries to minimize waste and forming a closed cycle (closed loop) of any industrial activity, which is expected to be applied in rural areas who only have 4-6 cows.

Keywords: industrial ecology; agro-industry; closed-cycle; value-added

Pendahuluan

Perkembangan industri yang semakin pesat kurang diimbangi dengan pemahaman akan dampak dari limbah yang dihasilkan. Dampak buruk terhadap lingkungan dapat dikurangi dengan pelak-sanaan industri yang ramah lingkungan. Industri ramah lingkungan adalah strategi untuk mencegah, mengurangi, dan meng-hilangkan terbentuknya limbah atau bahan pencemar pada sumbernya.

Untuk mendukung terlaksananya strategi tersebut diperlukan suatu per-ubahan yang mendasar dalam hal komitmen serta perilaku pimpinan, karyawan, penyediaan sarana dan prasarana penun-jang dan peningkatan kompetensi SDM. Tujuan dari industri ramah lingkungan itu sendiri adalah menciptakan lingkungan yang sehat dan bersih, meminimalkan potensi kontaminasi bahan-bahan yang beracun atau berbahaya terhadap ling-kungan, dan meminimalkan terbentuknya limbah baik dalam jumlah dan kandungan racunnya. Untuk mencapai kondisi yang ramah lingkungan dapat dilakukan

^{*)} Penulis Korespondensi.

E-mail: joshieputriasih@hotmail.com

pengendalian pencemaran dengan cara mengolah limbah tersebut untuk menurunkan tingkat bahayanya atau menurunkan tingkat pencemarannya serta menjadikannya bahan yang memiliki nilai tambah dengan menerapkan model nir limbah (*zero waste*), produksi bersih (*cleaner production*), produktivitas hijau (*green productivity*) atau perusahaan hijau (*green company*). Manfaat yang dapat diperoleh dengan menerapkan industri ramah lingkungan, salah satunya dapat mendorong pengembangan tekno-logi pengurangan limbah pada sumber-nya, teknologi bersih dan produk ramah lingkungan (Dede Sulaeman, 2007).

Produk ramah lingkungan yang beredar sudah mulai dikenal masyarakat diantaranya adalah biogas. Biogas merupakan gas yang dihasilkan dan dapat diproduksi dari bahan organik seperti biomassa, limbah pertanian, dan juga kotoran hewan melalui proses anaerobik. Gas yang dihasilkan dari proses fermentasi tersebut mengandung nilai kalor yang tinggi sehingga dapat digunakan untuk memasak dan penerangan bagi rumah tangga pedesaan. Sisa fermentasi ini juga dapat digunakan sebagai pupuk yang sangat bermanfaat bagi tanaman. Disamping itu juga pengelolaannya dapat meningkatkan kebersihan lingkungan, karena limbah pertanian dan kotoran hewan selama ini dibuang pada tempat terbuka (Wibowo, et al., 1985).

Menurut Harahap, et al. (1978), komposisi penyusun biogas adalah Metana (CH₄) 65,7%, Karbon Dioksida (CO₂) 27%, Nitrogen (N₂) 2,3%, Oksigen (O₂) 0,1%, Propana (C₃H₈) 0,7%, Karbonmonoksida 0%. Nilai kalori dari 1 meter kubik biogas sekitar 60 watt jam yang setara dengan setengah liter minyak diesel. Oleh karena itu, biogas sangat cocok digunakan sebagai bahan bakar alternatif yang ramah lingkungan pengganti minyak tanah, LPG, butana, batu bara, maupun bahan-bahan lain yang berasal dari fosil.

CV. Bangkit Mandiri bergerak dibidang agro industri yang memiliki beberapa macam jenis usaha, diantaranya adalah industri tahu, penggemukan sapi, biogas dan pembuatan pupuk organik. CV Bangkit Mandiri terletak di Karang Jati, kecamatan Bergas, kabupaten Semarang. Kegiatan simbiosis industri pada CV. Bangkit Mandiri masih terdapat limbah yang belum dimanfaatkan seperti limbah cair dari industri tahu, pembuatan pupuk kandang dan kompos dari kotoran ternak dan pemanfaatan hasil pupuk organik yang dihasilkan dari limbah biogas.

Usaha yang paling berkembang pesat saat ini yaitu usaha penggemukan sapi yang dimulai dari tahun 2000 dengan jumlah sapi yang dimiliki sebanyak 2 ekor dan sejak tahun 2010 sapi yang digemukkan mencapai lebih dari 500 ekor. Selama ini kotoran ternak yang dihasilkan masih ditimbun di

halaman belakang peternakan. Mengacu pada penerapan industri ramah lingkungan peneliti mengusulkan usulan penanganan limbah kotoran ternak dengan membuat pupuk kandang. Hasil dari pupuk kandang dapat dijual ke market dan dapat juga dimanfaatkan untuk pembukaan lahan rumput gajah. Perusahaan memiliki lahan yang belum dimanfaatkan, dengan adanya pemanfaatan lahan tersebut perusahaan tidak perlu membeli rumput gajah dari pihak luar seperti yang selama ini dilakukan. Usulan pembukaan lahan untuk hijauan rumput gajah dapat menghemat ongkos perusahaan dalam pembelian pakan ternak untuk mencukupi kebutuhan pakan hijauan.

Pemanfaatan lahan yang belum digunakan untuk menjadi lahan rumput gajah juga dapat menjadikan model yang dimiliki perusahaan menjadi *close loop* dan pemanfaatan pupuk kandang juga dapat membuat perusahaan menerapkan konsep nir limbah (*zero waste*). Kegiatan industri yang saling berkaitan dan tersimbiosis membuat perusahaan memiliki nilai tambah dan menjadikan kawasan industrinya ramah lingkungan serta dapat mengelola secara baik limbah yang dihasilkan dari kegiatan industrinya.

Metode Penelitian

Dalam penelitian ini, penulis melakukan studi literatur dan studi pendahuluan untuk mengetahui proses kegiatan di CV. Bangkit Mandiri di Karang Jati. Proses kegiatan yang terjadi merupakan kegiatan yang saling berkelanjutan dan tersimbiosis. Simbiosis industri merupakan sebuah bentuk kerjasama yang memiliki tingkat saling ketergantungan antar kegiatan industri yang melakukan pertukaran material, energi dan berbagai hal lain yang saling menguntungkan bersama. Frosch dan Gallopoulos (1989) memberikan gambaran “ekosistem industri” dimana konsumsi energi dan material di optimalkan dan hasil dari suatu proses dapat merupakan bahan baku bagi proses lain. Dari siklus rangkaian kegiatan industri ini diharapkan dapat meminimalkan limbah dan membentuk siklus tertutup (*close loop*) serta nir limbah (*zero waste*) bagi perusahaan.

Jenis penelitian yang digunakan dalam penelitian ini adalah action research. Action research adalah penelitian komparatif pada kondisi dan efek berbagai bentuk tindakan sosial dan penelitian yang mengarah pada perubahan sosial (Reason & Bradbury, 2001). Metode yang digunakan dalam penelitian ini yaitu observasi. Analisis dilakukan dengan membandingkan kondisi yang ada dengan pengembangan model sehingga dapat diketahui siklus kesimbangan dari model agro-eko-industri.

Metode yang digunakan dalam penelitian ini adalah menggunakan mass balance dalam model

matematis. Dari model dapat dilihat input dan output dari material tiap industri dan limbah yang belum dimanfaatkan.

Identifikasi Variabel

Untuk mengetahui kelebihan dari model yang dibuat maka perlu dilakukan analisis terhadap beberapa variabel. Apabila dikaitkan dengan konsep EIP (Lowe, 2001), maka variabel yang dijadikan patokan analisis model adalah :

1. Penggunaan energi dan air
2. Pengelolaan aliran material dan limbah
3. Manajemen EIP yang efektif
4. Integrasi dengan masyarakat sekitar

Hasil Dan Pembahasan

Faktor Pemicu

Faktor pemicu disini adalah industri yang menjadi dasar dari terbentuknya suatu model. Segala perubahan yang terjadi didalam model diawali dari perubahan dari faktor pemicu. Dalam penelitian ini dipilih usaha peternakan sapi sebagai faktor pemicu. Pemilihan faktor pemicu ini berawal dari isu yang sudah berkembang di masyarakat mengenai program pemeliharaan tentang swasembada daging sapi (PSDS). Melalui PSDS pemerintah berupaya untuk meningkatkan populasi ternak sapi hingga mencapai 14,2 juta ekor pada tahun 2014 untuk dapat mencukupi 90-95% dari permintaan daging nasional. Peningkatan populasi ternak sapi secara nasional dan regional akan meningkatkan limbah yang dihasilkan. Apabila limbah tersebut tidak dikelola sangat berpotensi menyebabkan pencemaran lingkungan terutama dari limbah kotoran yang dihasilkan ternak setiap hari. Pembuangan kotoran ternak sembarangan dapat menyebabkan pencemaran pada air, tanah dan udara (bau), berdampak pada penurunan kualitas lingkungan, kualitas hidup peternak dan ternaknya serta dapat memicu konflik sosial.

Faktor pendukung

Faktor pendukung disini adalah industri yang mendukung faktor pemicu dalam pengembangan model AEIP. Industri-industri yang mendukung peternakan dalam penelitian ini adalah sebagai berikut :

Biodigester

Biodigester atau yang biasa disebut dengan Bio reactor yang merupakan reaktor anaerob. Reaktor ini sangat efektif untuk mengolah kotoran ternak yang dirombak menjadi bahan biogas oleh mikroba dalam kondisi tanpa oksigen dan dari bio reaktor ini dapat menghasilkan gas dari kotoran sapi yang digunakan sebagai inputan untuk biodigester yang dikenal dengan biogas. Berdasarkan penelitian Amaru

(2004), limbah kotoran padat dan cair dari ternak sapi dapat diolah dalam biodigester menjadi sumber energi yang terbarukan.

Alasan lain dari pemilihan Biodigester ke dalam model AEIP ini adalah dengan adanya program swasembada daging sapi di tahun 2014, maka akan terjadi peningkatan limbah dari kotoran ternak. Biodigester dapat meredam peningkatan kotoran yang dihasilkan. Salah satu kandungan dari kotoran sapi yaitu gas metana. Gas metana merupakan komponen terbesar dalam pembuatan biogas. Menurut KLH (2006), penggunaan biogas ini merupakan salah satu cara untuk mengurangi pencemaran lingkungan, karena dengan fermentasi bakteri anaerob (bakteri metan) maka memungkinkan pengurangan pencemaran lingkungan, dengan parameter BOD, COD akan berkurang sampai 90%. Sistem ini banyak dipakai dengan pertimbangan ada manfaat yang bisa diambil yaitu pemanfaatan biogas yang sangat memungkinkan digunakan sebagai bahan sumber energi karena gas metan sama dengan gas elpiji (liquid petroleum gas/LPG).

Industri pupuk organik

Pemilihan industri pupuk organik sebagai salah satu faktor pendukung adalah karena hasil samping dari pembuatan biogas yaitu *slurry* yaitu lumpur hasil samping biogas yang gasnya telah hilang dan banyak mengandung unsur hara yang tinggi untuk tanaman. Lumpur tersebut mengandung padatan dan cairan. Padatan tersebut dapat dijadikan kompos dengan cara dikeringkan, sedangkan cairan tersebut juga dapat dimanfaatkan sebagai pupuk cair.

Hijauan ternak

Berdasarkan program swasembada daging sapi 2014, hijauan ternak merupakan kebutuhan pakan yang sangat dibutuhkan untuk konsumsi. Menurut Balai Pengkajian Teknologi Pertanian Jawa Barat, 2009 Setiap hari sapi memerlukan hijauan sebanyak 10% dari berat badannya dan konsentrat 1-2% dari berat badan. Ransum tambahan berupa dedak halus atau bekatul, bungkil kelapa, gaplek, ampas tahu dan lain-lain, yang diberikan dengan cara dicampurkan dalam rumput ditempat pakan. Hijauan yang digunakan sebagai pakan ternak yaitu hijauan rumput gajah. Rumput gajah (*Pennisetum purpureum*) merupakan jenis rumput unggul yang mempunyai produktivitas dan kandungan zat gizi yang cukup tinggi serta disukai oleh ternak ruminansia. Rumput gajah mempunyai produksi bahan kering 40 sampai 63 ton /ha/tahun (Siregar, 1989), dengan rata-rata kandungan zat-zat gizi yaitu: protein kasar 10,2%, BETN 42,3%, serat kasar 34,2%, lemak 1,6%, abu 11,7% (Chuzaimi dan Soejono, 1987)

Integrasi Industri Pemicu dan Industri Pendukung

Pada industri tahu membutuhkan air dan kedelai. Dari jumlah air dan kedelai tersebut menghasilkan tahu, ampas tahu dan limbah cair. limbah cair kemudian dimanfaatkan untuk pengganti minum sapi sehingga mengurangi penggunaan air bersih. Sedangkan ampas tahu dimanfaatkan untuk pakan ternak.

Selain ampas tahu, peternakan membutuhkan pakan jerami, ketela, be-katul dan rumput gajah yang dibeli dari pasar. Sedangkan untuk air, peternakan membutuhkan air untuk pembersihan sapi. Dari pakan dan minum itu peternakan menghasilkan limbah kotoran sapi padat, kotoran sapi cair dan limbah cair hasil pembersihan sapi. Kotoran cair dan limbah cair kemudian dimasukkan ke-dalam biodigester untuk menghasilkan biogas yang digunakan untuk memasak sehari-hari. Sedangkan kotoran padat sapi ikut dimasukkan kedalam biodigester. Gas ini kemudian dimanfaatkan untuk keperluan rumah tangga dilingkungan perusahaan.

Keluaran biogas yaitu slury yang berbentuk lumpur. Lumpur tersebut dipisahkan antara padatan dan cairan. Cairan tersebut dimanfaatkan untuk produksi pupuk cair pada industri pupuk cair dan padatan tersebut dikeringkan, untuk selanjutnya dijadikan kompos. Kompos digunakan untuk pemakaian pupuk pada lahan rumput gajah pada saat penanaman.

Analisis Rancangan Model Berdasar Konsep EIP

Analisis yang dilakukan didasarkan oleh variabel-variabel yang merupakan prinsip dari model *Eco Industrial Park*. Berdasarkan Lowe (2000), variabel yang dianalisis adalah penggunaan energi dan air, pengelolaan material dan limbah, manajemen EIP yang efektif, dan integrasi dengan masyarakat sekitar.

Penggunaan energi dan air

Pada model yang dikembangkan dalam penelitian ini sudah dipertimbangkan mengenai ketiga indikator tersebut. Model ini sudah melakukan integrasi penggunaan energi antar pabrik dan penggunaan sumber energi terbarukan yaitu dengan menggunakan energi biogas. Pada model ini efisiensi energi terlihat pada industri tahu yang mengganti penggunaan bahan bakar kayu dengan biogas. Sedangkan untuk efisiensi air, model ini sudah melakukan efisiensi dengan mengurangi penggunaan air pada peternakan sapi dan menggantinya dengan limbah cair dari industri tahu.

Pengelolaan aliran material dan limbah

Model yang dikembangkan dalam penelitian ini sudah mempertimbangkan mengenai komposisi yang seimbang dilihat dari tidak adanya limbah yang tidak diolah dari masing-masing industri. Pada model ini dirancang untuk menghasilkan komposisi industri yang tidak mencemari lingkungan atau dapat dikatakan model yang menerapkan sistem *zero waste*.

Manajemen EIP yang efektif

Model yang dikembangkan dalam penelitian ini sudah mempertimbangkan mengenai komposisi yang seimbang dilihat dari tidak adanya limbah yang tidak diolah dari masing-masing industri. Pada model ini dirancang untuk menghasilkan komposisi industri yang tidak mencemari lingkungan atau dapat dikatakan model yang menerapkan sistem *zero waste*.

Integrasi dengan masyarakat sekitar

Model yang dikembangkan ini sebenarnya adalah untuk mengembangkan potensi yang ada di pedesaan.

Manfaat dari model ini langsung ditujukan untuk masyarakat. Harapan dari model ini adalah untuk memberikan kemandirian masyarakat terhadap pemenuhan ekonomi dan pemenuhan kebutuhan energi.

Masyarakat diharapkan tidak bergantung lagi semata-mata pada pemerintah dan dapat memenuhi segala kebutuhan baik ekonomi maupun energi.

Analisis Persamaan Matematis Model AEIP

Pembuatan persamaan keseimbangan diawali dengan keseimbangan dari masing-masing unit industri. Faktor pemicu dalam penelitian ini yaitu peternakan sapi dengan sapi yang dimiliki sebanyak 500 ekor dengan konstrain:

1. Luas lahan yang belum dimanfaatkan seluas 3 Ha
2. Volume digester sebesar 150 m³

Berangkat dari 500 ekor sapi dengan constraint yang ada maka akan dilakukan perhitungan keseimbangan pada peternakan sapi, biodigester, pupuk organik dan lahan rumput gajah. Perhitungan yang dilakukan berangkat dari 500 ekor sapi dengan pendekatan untuk unit persamaan keseimbangannya adalah satu ekor sapi.

Model Matematis

Setelah dilakukan proses perhitungan pada masing-masing industri, maka dapat dirumuskan persamaan yang menghubungkan semua industri yang ada dalam model AEIP yaitu peternakan sapi, biodigester, industri pupuk cair dan penanaman hijauan rumput gajah.

$$390,762 \text{ kg SA} \approx 18 \text{ kg A} + 3,8 \text{ kg AT} + 9 \text{ kg RG} + 0,5 \text{ kg KT} + 5,6 \text{ kg Bt} \approx 17,72 \text{ kg LCp}$$

Massa dari satu ekor sapi setara dengan 18 kg air, 3,76 kg ampas tahu, 9 kg rumput gajah, 0,5 kg ketela, 5,6 kg bekatul dan menghasilkan 17,72 kg limbah yang dihasilkan peternakan itu sendiri. Persamaan diatas menunjukkan hubungan kesetaraan kebutuhan pakan dengan kotoran dan limbah yang dihasilkan. Kemudian dari persamaan diatas juga didapat kesetaraan hubungan antara peternakan sapi dengan biodigester yaitu:

$$390,762 \text{ kg SA} \approx 17,72 \text{ kg LCp} + 17,72 \text{ kg Air} \approx 0,24 \text{ kg B} + 35,2 \text{ kg S}$$

Massa dari satu ekor sapi setara dengan 17,72 kg limbah peternakan ditambah dengan 17,72 kg air yang menghasilkan 0,24 kg biogas dan 35,2 kg slurry. Dari persamaan diatas menunjukan hubungan kesetaraan limbah peternakan yang dijadikan bahan baku untuk pembuatan biogas dengan limbah biogas yang dihasilkan. Kemudian dari persamaan tersebut juga diperoleh kesetaraan hubungan antara limbah biogas yang dimanfaatkan untuk pembuatan pupuk organik cair dan kompos yaitu

$$390,762 \text{ kg SA} \approx 35,2 \text{ kg S} = 27,8 \text{ kg PC} + 7,4 \text{ kg PK}$$

Menurut penelitian Amaru (2004), output yang dihasilkan dari biodigester yaitu slurry dengan komposisi antara cairan dan padatannya sebesar 79% dan 21%. Massa dari satu ekor sapi setara dengan 27,8 kg pupuk cair dan 7,4kg pupuk kompos. Kemudian dari persamaan diatas dan persamaan 5.6 dan 5.7 juga didapat kesetaraan hubungan antara pupuk organik cair dan kompos yang digunakan dengan lahan rumput gajah yaitu

$$390,762 \text{ kg SA} \approx 0,0057 \text{ kg PC} + 0,046 \text{ kg PK} \approx 9 \text{ kg HT}$$

Massa dari satu ekor sapi setara dengan 9 kg hijauan ternak per harinya. Nilai dari air disini tidak ikut dihitung. Hal tersebut dikarenakan kebutuhan air untuk lahan rumput gajah tidak dihitung atau boleh dikatakan bahwa kebutuhan air untuk lahan rumput gajah tercukupi.

Maka persamaan model keseimbangan dari semua industri yang terkait antara peternakan sapi, biodigester, industri pupuk organik dan lahan rumput gajah untuk kebutuhan per harinya untuk satu ekornya adalah:

$$390,762 \text{ kg SA} \approx 0,24 \text{ kg B} \approx [((27,8 \text{ kg PC} + 7,4 \text{ kg PK})35,2 \text{ kg S}) - (0,0057 \text{ kg PC} + 0,046 \text{ kg PK})\text{Pasar}] \approx 9 \text{ kg HT}$$

Berdasarkan persamaan diatas maka didapat model keseimbangan dari satu ekor sapi yaitu setara dengan 0,24 kg biogas, mampu menghasilkan 16,03 kg pupuk organik cair dan 1,2 kg pupuk kompos dari hasil samping biogas, 5748,75 kg hijauan rumput gajah dan untuk memenuhi kebutuhan pakan akan hijauan satu ekor sapi dengan rata-rata berat 390,762kg.

Berdasarkan rumus pendekatan satu ekor dengan bobot sapi 390,762 kg apabila bobot sapi disetarakan menjadi satu kilogram sapi maka model keseimbangan menjadi :

$$1 \text{ kg SA} \approx 0,00061 \text{ kg B} \approx [((0,071 \text{ kg PC} + 0,0189 \text{ kg PK})) - (0,000145 \text{ kg PK} + 0,0011 \text{ kg PK})] \approx 0,02 \text{ kg HT}$$

Dari persamaan pendekatan diatas diharapkan dapat lebih mudah mengetahui limbah yang dihasilkan apabila bobot sapi mengalami kenaikan berat badan dan kebutuhan akan sapi itu sendiri, namun pada kenyataannya bobot sapi tidak ada yang satu kilogram. Apabila bobot sapi 500 kg maka persamaan diatas tinggal dikalikan menjadi 500 kg.

Untuk model pengembangan dengan faktor pemicu dapat dilihat pada gambar 1 dan untuk model keseimbangan dengan pendekatan satu ekor sapi yang memiliki bobot rata-rata 390,762 kg dan kotoran yang dihasilkan 17,72 kg per ekor dapat dilihat pada gambar 2.

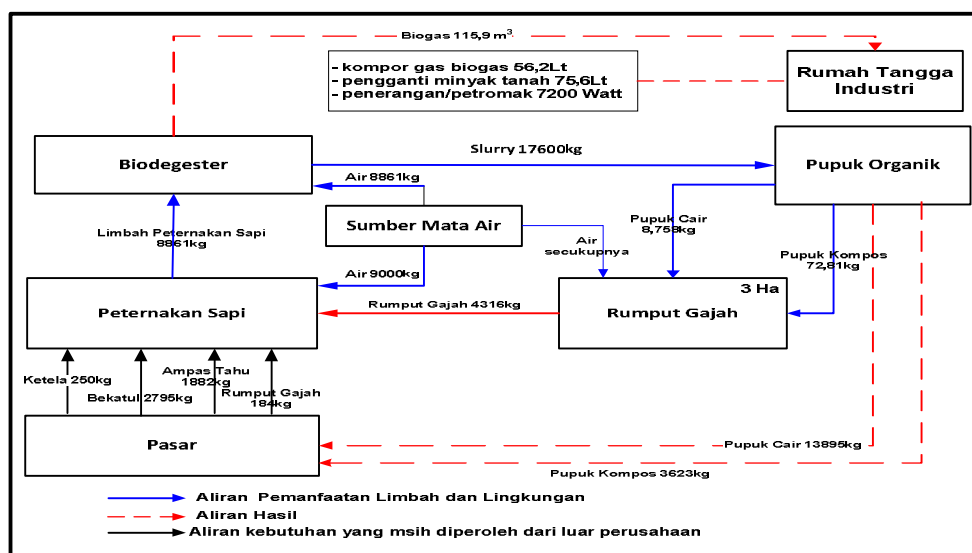
Kesimpulan

Dari model ini kebutuhan akan jerami diganti dengan rumput gajah semua, hal ini dikarenakan menurut hasil analisis yang dilakukan Chuzaemi dan Soejono (1987) yaitu jerami padi hanya memiliki kandungan gizi Bahan Kering 40,65%, Protein kasar 3,45%, Lemak 1,20%, Serat kasar 33,02%, bahan ekstrak tanpa nitrogen (BETN) 37,27% dan Abu 25,06%. Kandungan rumput gajah terdiri atas; 19,9% bahan kering (BK), 10,2% Protein kasar (PK), 1,6% Lemak, 34,2% Serat kasar, 11,7% Abu, dan 42,3% BETN. Selama ini perusahaan mengeluarkan biaya untuk kebutuhan pakan sapi sebesar Rp 6.123.000/hari, dengan adanya pembukaan lahan rumput gajah sebesar 3 ha maka dapat menghemat biaya untuk kebutuhan rumput gajah sebesar Rp 1.079.000/hari. Pena-naman rumput gajah dengan luas lahan 3 ha mampu mencukupi 4.316 kg rumput gajah, kebutuhan per harinya 4.500 kg, sehingga yang dibeli dari pasar hanya sebesar 184 kg yang dapat memenuhi kebutuhan sapi sebanyak 20 ekor.

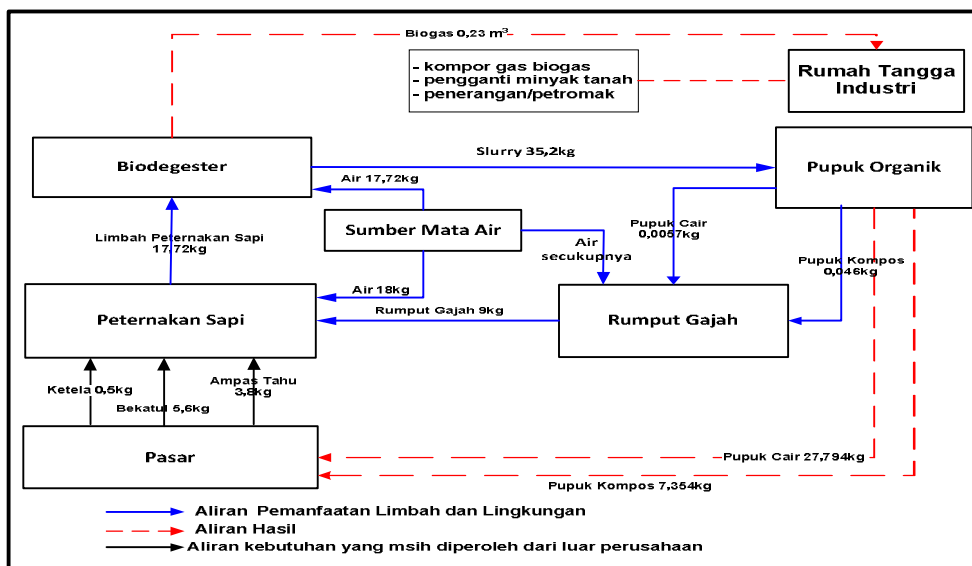
Adanya lahan rumput gajah ini dapat menekan biaya untuk kebutuhan pakan 17,6% per hari.

Pada model pengembangan ko-toran yang diolah menjadi biogas yaitu percampuran seluruh limbah dari peternakan sapi yang dicampur air dengan perbandingan 1:1. Limbah dari biogas dapat dimanfaatkan untuk pembuatan pupuk organik yang nantinya digunakan untuk lahan penanaman rumput gajah dan sisanya dijual ke pasar. Penerapan ekologi industri kedalam agro industri untuk skala pedesaan

dengan memiliki sapi 4-6 ekor mampu menghasilkan biogas 1 m³. Tipe digester yang di-gunakan dalam penelitian ini yaitu *fix dome*, jika tipe digester ini diterapkan dalam skala pedesaan maka untuk volume 1 m³ mampu diisi sapi sebanyak 22 ekor dengan bobot rata-rata 390,762 kg dengan kotoran yang dihasilkan 17,72 kg. Perusahaan dapat menerapkan *eko industrial park* dalam kawasan agro industri miliknya.



Gambar 1. Pengembangan Model dengan Faktor Pemicu



Gambar 2 Model Keseimbangan dengan pendekatan satu ekor sapi

Daftar Pustaka

- Aditya, Dodiet. 2008. *Variabel Penelitian dan Definisi Operasional*. Program Studi DIII Kebidanan Poltekkes Surakarta.
- Amaru, Kharistya. 2004. *Rancang Bangun dan Uji Kinerja Biodigester Plastik Polyethylene Skala Kecil*. Program Studi Teknik Pertanian Universitas Padjajaran, Bandung
- Amran, M. Anshar. 2007. *Definisi dan Jenis-jenis Penelitian*. Bandung : Program Studi Teknik Geodesi dan Geomatika Pasca Sarjana Institut Teknologi Bandung.
- Chertow, M. 2008. *Industrial Ecology* last, <http://www.mitpressjournals.org/jie>.
- Deong-Seong Oh, Kyung-Bae Kim, Sook-Young Jeong. 2003. *Eco Industrial Park Design: a Daedeok Technovalley, case study, Department of Architecture, Chungnam National University, 220 kung-dong, Yusong-ku, Taejon 305-764. South Korea*.
- Deptan. 2009. *Upaya Percepatan Swasembada Daging Sapi*.
- Djajadiningrat, S.T, Famiola, M., 2004. *Kawasan Industri Berwawasan Lingkungan*, Rekayasa Sains, Bandung.
- Fleig, Anja-Katrin. 2000. *Strategy Towards Industrial Ecology in Developing and Newly Industrialised Countries*. Eschborn: Deutsche Gesellschaft for Technische Zusammenarbeit (GTZ).
- Grdzlishvili, Inga and Roger Sathre. 2006. *Industrial Ecology in Transition Countries: Historical Precedent and Future Prospects*. Georgia : Green Culture Tbilisi.
- Hambali. 2003. *Analisis Resiko Lingkungan*. Program Pascasarjana. Program studi Magister Teknik Lingkungan. ITS. Surabaya.
- Harahap F M, Apandi dan Ginting S. 1978. *Teknologi Gasbio*. Pusat Teknologi Pembangunan Institut Teknologi Bandung, Bandung.
- Hardianto, Rully dan Nandang Sunandar. 2009. *Budidaya Sapi Potong*. Jawa Barat : Pengkajian Teknologi Pertanian
- Iqra. 2010. *Rumput Gajah*. (<http://iqra5.blogspot.com/2010/07/rumput-gajah-pennisetum-purpureum.html>)
- Kastaman, Roni. 2005. *Manajemen Praktis Usaha Bidang Agribisnis dan Agroindustri*. Kegiatan Pembekalan peningkatan keterampilan dan wawasan pegawai dalam persiapan purnatugas dilingkungan Perum Jasa Tirta 2. Jatiluhur.
- Khasril, Atrisiandy. 2011. *Limbah Cair Biogas*.
- Korhonen, J. Some. 2001. *Suggestions for Regional Industrial Ecosystems – Extended Industrial Ecology*. *Eco Management and Auditing* 8, pg 57-69, John Willey & Sons, Ltd. And ERP Environment
- Lesman, 2010. *Budidaya Rumput Gajah*. Boyolali.
- Linstead, Conor and Paul Ekins. 2001. *Mass Balance UK for Mapping UK Resource and Material Flows*. Royal Society for Nature Coservation.
- Lowe, E. 2001, *Handbook of industrial ecology. Eco-industrial Park Handbook for Asian Developing Countries*. A Report to Asian Development Bank, Environ-ment Department, Indigo Develop-ment, Oakland, CA. <http://www.indigodev.com/Handbook.html>
- Mass Balance UK Project Website. 2011
- Mulyadi, Andi dan Marsandi. 2007. *Petunjuk Teknis Ransum Seimbang dan Strategi Pakan Pada Sapi Potong*. Bogor : Pusat Penelitian dan Pengembangan Peternakan
- Nau, Yuliane, Dkk. 2009. *Biogas Limbah Organik Sebagai Sumber Energi Alternatif*. IPB. Bogor
- Pongcracz, E. 2006. *Industrial Ecology and Waste Management : From Theories to Applications, Progress in Industrial Ecology – An International Journal*, vol 3 Nos. 1/2.
- Prihandini, Wahyu Peni dan Teguh Purwanto. 2007. *Pembuatan Kompos Berbahan Kotoran Sapi*. Bogor : Pusat Penelitian dan Pengembangan Peternakan
- Purwanto, 2003. *Implementation of Cleaner Production in the Electroplating Industries*, Nasional Seminar on Cleaner Production in the Industry Face to Global Era, Institut Sains dan Teknologi Akprind, Yogyakarta, 25 Agustus
- Purwanto. 2005. *Penerapan Produksi Bersih di Kawasan Industri, Seminar Penerapan Program Produksi Bersih Dalam Mendorong Terciptanya Kawasan Eco-Industrial di Indonesia*. Jakarta
- Putra, Andika. 2009. *Potensi Penerapan Produksi Bersih Pada Usaha Peternakan Sapi Perah*. Semarang : Tesis Program Pasca Sjana Universitas Diponegoro.
- Rahadi, Syam. *Teknik Pembuatan Amoniasi Urea Jerami Padi sebagai Pakan*
- Riyanto, Teguh. 2004. *Evaluasi Terhadap PT. Pupuk Kaltim Industrial Estate Perspektif Eco Industrial Park*. Semarang : Tesis Program Pasca Sarjana Universitas Diponegoro.
- Sanuri. 2009. *Budidaya Rumput Gajah untuk Pakan Ternak*. Jawa Tengah, Boyolali
- Sekaran. 1992. *Penggunaan Teknik Sampling*. Jakarta
- Sufyandi, A. 2001. *Informasi Tekno-logi Tepat Guna Untuk Biogas*. Bandung
- Sugiyono. 2007. *Teknik Pengambilan Sampel*. Jakarta.

- Sukmawati, Farida dan Kaharudin. 2010. *Manajemen Umum Limbah Ternak Untuk Kompos dan Biogas*. Nusa Tenggara Barat: Badan Penelitian dan Pengembangan Pertanian
- Sulaeman, Dede. 2007. *Agro-industri Ramah Lingkungan*. Jakarta.
- Sulaeman, Dede. 2008. *Zero Waste*. Jakarta
- Swantomo, Deni dan Maria Christina, Kartini Megasari. 2007. *Kajian Penerapan Ekologi Industri di Indonesia*. Yogyakarta: STTN (BATAN).
- Syamsuddin. 1997. *Studi Nilai Gizi Rumput Gajah (Pennisetum purpureum Schumacher and Thonn) dan kendalanya pada Ternak Ruminasia*. Tesis.
- Program Pascasarjana Universitas Hasanuddin, Ujung Pandang.
- Syarifuddin, Nursyam Andi. 2005. *Nilai Gizi Rumput Gajah Sebelum dan Setelah Ensilase Pada Berbagai Umur Pemotongan*. Fakultas Pertanian Unlam. Lampung.
- Tibbs, H. 1994. *Project interview with a design whose articles on industrial ecology have helped broadly communicate IE's principles and concepts*.
- Wibowo, D., Rahayu K., Haryanto B. 1985. *Gas Bio sebagai salah satu sumber energy alternatif*. UGM. Yogyakarta.